

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-167032

(43)Date of publication of application : 22.06.1999

(51)Int.Cl.

G02B 6/122

(21)Application number : 09-332588

(71)Applicant : NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP &lt;NTT&gt;

(22)Date of filing : 03.12.1997

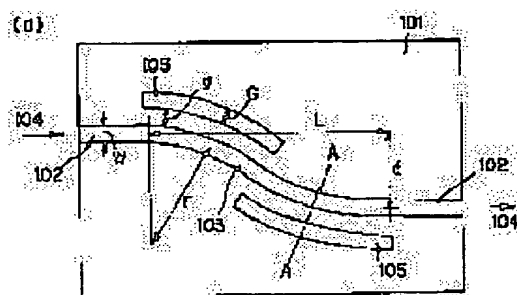
(72)Inventor : MITOMI OSAMU  
MIYAZAWA HIROSHI  
NOGUCHI KAZUTO

## (54) CURVED OPTICAL WAVEGUIDE CIRCUIT

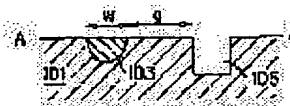
## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a curved optical waveguide circuit small in size and low in loss.

SOLUTION: The light emitted from a light guide part 103 is reflected by a reflecting groove 105 and recoupled with the light guide part 103 by arranging the reflecting groove 105 which has a reflecting function across a gap (g) at the outer peripheral part of the curved light guide part 103 continued through both end parts of an input/output waveguide 102 to/from which an input/output light entering/outgoing.



(b)



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-167032

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月22日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 6/122

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

A

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-332588

(22) 出願日 平成9年(1997)12月3日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 三富 修

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 宮沢 弘

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 野口 一人

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

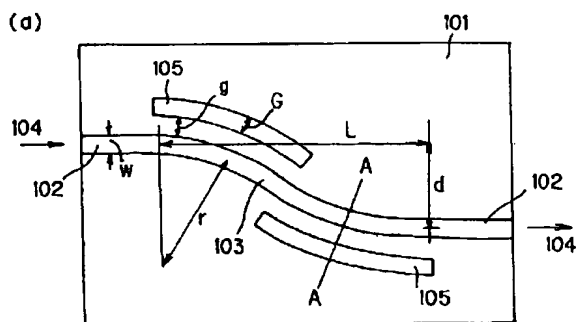
(74) 代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 曲がり光導波路回路

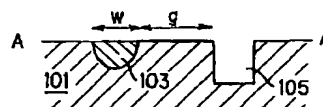
(57) 【要約】

【課題】 小形で低損失な曲がり光導波路回路を提供する。

【解決手段】 入出力光104が入出射する入出力導波路102に両端部を介して連続する曲がり光導波路部103の外周部に反射機能を持たせた反射溝105をギャップgを介して配設することにより光導波路部103から放射される放射光を反射溝105で反射させて光導波路部103に再結合するようにしたものである。



(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光導波路の一部が曲線状もしくは折れ曲がり形状に形成された曲がり光導波路を有する曲がり光導波路回路において、  
曲がり光導波路領域の曲がる方向とは逆側である外周面の近傍に反射部を配置したことを特徴とする曲がり光導波路回路。

【請求項2】 【請求項1】に記載する曲がり光導波路回路において、  
曲がり光導波路の曲がる方向と同一側である内周面の近傍に反射部を配置したことを特徴とする曲がり光導波路回路。

【請求項3】 【請求項1】又は【請求項2】に記載する曲がり光導波路回路において、  
反射部により反射され曲がり光導波路に再結合する放射光と、該曲がり光導波路の導波光の位相面を合わせるように、前記反射部の位置を設定したことを特徴とする曲がり光導波路回路。

【請求項4】 【請求項1】～【請求項3】の何れか1つに記載する曲がり光導波路回路において、  
曲がり光導波路の幅を入出力導波路の幅より大きくするか、もしくは該曲がり光導波路を光軸と直角方向に軸ずれさせて構成したことを特徴とする曲がり光導波路回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は曲がり光導波路回路に関し、特に光導波路を伝わる光波を低損失で導波する小形の曲がり光導波路回路に適用して有用なものである。

## 【0002】

【従来の技術】光導波路を用いた光スイッチや光変調器等では、モノリシックあるいはハイブリッド集積された光デバイスの光入出射部と光機能処理部間、あるいはY分岐や方向性結合器等の内部光回路と光機能処理部間に曲がり光導波路が多く使用される。これらの曲がり光導波路の構造としては、通常、S字の円弧状あるいは三角関数状などの形状で構成される。

【0003】従来技術に係るチタン熱拡散ニオブ酸リチウム（： $\text{Ti-LiNbO}_3$ 、以下“ $\text{Ti-LN}$ ”と記す）光導波路を用いた曲がり光導波路回路の基本構成例を図7（a）、（b）に示す。図7（a）は曲率半径 $r$ の円弧をS字状に配置した曲がり光導波路の平面図である。同図中、701はLN基板であり光導波路のクラッド部を構成する。702は入出力導波路、703は曲がり光導波路であり、何れも光導波路のコア部（： $\text{Ti}$ 熱拡散部）を構成する。704は入出力光である。図7（b）は入出力導波路702と曲がり光導波路703を僅かだけ軸ずれさせたものである。このことにより、それぞれの伝搬光の界（電界もしくは磁界）分布をばば一

致させ、曲がり光導波路703の放射損失を低減することができる構成としたものである。この場合、通常軸ずれ量 $\Delta x_2$ は $\Delta x_1$ の2倍程度の大きさに設定される。また、導波路幅 $w_2$ は、通常、入出力導波路幅 $w_1$ とほぼ等しい大きさに設定される。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述の如き従来技術に係る曲がり光導波路回路では、小形化を図るために、導波路間隔 $d$ を一定に保った状態で、導波路長 $L$ を短くすると、曲がり光導波路703での損失が大きくなる欠点があった。特に、LN光導波路の場合、半導体導波路等と比較すると、導波路閉じ込め強度（導波路コアとクラッドの屈折率差やコア幅・厚さで決まる量）が小さいために、損失増大傾向が著しくなる。これを改善するためには円弧状に代えて、例えば三角関数状の曲がり光導波路等を採用すれば良い事が知られているが、この場合も小形化には限界がある。例えば、通常の $\text{Ti-LN}$ 導波路の場合、実効的曲率半径が約50mm以下になると損失が急激に大きくなり、小形化、高集積化が困難であった。

【0005】一方、曲がり導波路外周面に隣接するクラッド領域に、相対的に小さい屈折率の媒体を配置する方法がある。しかし、この方法は、 $\text{Ti-LN}$ 導波路のような、閉じ込めの弱い導波路に適用すると、導波路断面方向の屈折率分布（断面において垂直方向と水平方向）が非対称構成になるために、より閉じ込めの弱い状態になって放射損失がむしろ大きくなるという問題を抱えていた。

【0006】本願発明は、上記従来技術に鑑み、小形で低損失な曲がり光導波路回路を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の構成は次の点の特徴とする。

【0008】1） 光導波路の一部が曲線状もしくは折れ曲がり形状に形成された曲がり光導波路を有する曲がり光導波路回路において、曲がり光導波路領域の曲がる方向とは逆側である外周面の近傍に反射部を配置したこと。

【0009】2） 上記1）に記載する曲がり光導波路回路において、曲がり光導波路の曲がる方向と同一側である内周面の近傍に反射部を配置したこと。

【0010】3） 上記1）又は2）に記載する曲がり光導波路回路において、反射部により反射され曲がり光導波路に再結合する放射光と、該曲がり光導波路の導波光の位相面を合わせるように、前記反射部の位置を設定したこと。

【0011】4） 上記1）～3）の何れか1つに記載する曲がり光導波路回路において、曲がり光導波路の幅を入出力導波路の幅より大きくするか、もしくは該曲が

り光導波路を光軸と直角方向に軸ずれさせて構成したことに。

【0012】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態を図面に基づき詳細に説明する。

【0013】図1は基板としてLiNbO<sub>3</sub>を用いた本発明の第1の実施の形態に係る曲がり光導波路回路を示す図で、(a)はその平面図、(b)はそのA-A線断面図である。両図中、クラッド部101はLN基板で形成した光導波路のクラッド部である。入出力導波路102は、チタン(Ti)あるいはプロトン等の不純物拡散により形成した前記光導波路のコア部で形成してある。曲がり光導波路103は曲率半径rのS字円弧状曲がり光導波路であり、チタン(Ti)あるいはプロトン等の不純物拡散により形成した前記光導波路のコア部で形成してある。かかる曲がり光導波路103に入出力導波路102を介して入出力光104が入出射するように構成してある。反射溝105はクラッド部101を構成するLN基板の表面に曲がり光導波路回路103からギャップgだけ離れた位置に形成してある。ここでは、LN基板上部には空気(導波路のクラッドとして機能する)を配置した場合を示している。曲がり光導波路103は、基本的には図7に示す従来技術と同構成のものである。

【0014】図2は、図1に示す実施の形態に係る曲がり光導波路回路の原理を説明するための説明図である。同図に示すように、曲がり光導波路203での光伝搬は、漏れ導波現象として理解される。すなわち、光導波路中を伝搬する導波光の1部が主に光導波路外周側に放射され、この放射量は導波路の閉じ込め効果の大きさと、その曲率半径rでほぼ決まる。曲率半径rが小さくなる程、放射量が大きくなり、損失が大きくなる。本発明では、図2中で示すように、放射光を反射溝205の周面で反射させ、再び曲がり光導波路203に戻している。この時、光の波長や導波路の閉じ込め効果の強さ、曲率半径rの大きさに合わせるように、ギャップgを適当な大きさに設定することにより、放射光と導波光の実効的光路長を合わせてやることに本発明の特徴がある。すなわち、放射光が再び導波路に戻った時に、互いの位相面をほぼ一致させてやることにより効率よく結合させ、損失を低減している。なお、図2中201はクラッド部である。

【0015】図3は、図1に示す本発明の実施の形態に係る曲がり光導波路回路の効果の説明するための特性図であり、波長1.5μm帯の曲がり光導波路について、ビーム伝搬法を用いた計算結果を示すものである。ここでは、図1に示す実施の形態において、通常の熱拡散法によりLN基板にTiを拡散して形成した曲がり光導波路103で構成した場合を解析している。計算を簡単化するために、拡散導波路をコア層・クラッド部がそれぞれ一様な大きさの屈折率を持つものとして、等価屈折率

法によるスラブ導波路モデル解析を行っている。導波路幅は、 $w = 6\mu\text{m}$ を例として計算した。図1において入出力導波路間隔を $d = 50\mu\text{m}$ 一定として、反射溝105とのギャップgをパラメータとして、曲がり光導波路103の長さLを変えたときのS字状円弧の曲率半径rに対する導波路単位長当たりの損失特性を示している。

【0016】図3において、破線はギャップgを十分大きくした場合であり、図7(a)に示す従来技術の特性を表す。図3を参照すれば明らかな通り、Ti-LN導波路の場合、ギャップgを5乃至10μm程度にすると、低損失特性を確保しつつ、曲率半径rを従来技術の場合よりも小さく構成できることが分かる。また、ギャップgが3μmより小さくなると、損失が著しく増大する。これは、反射溝105の影響によって曲がり光導波路103の界分布が、入出力導波路102の界分布と大きく異なることに起因してその間の結合損失が大きくなることと、曲がり導波路103の断面方向の屈折率分布が非対称構成になるために、反射溝105がない場合と比較して、より閉じ込めの弱い状態になって放射損失がむしろ大きくなることによる。

【0017】一方、ギャップgが約15μm以上になると、放射光と導波光の位相条件が合わなくなって、放射光が導波路に再結合しなくなり損失は増大する。

【0018】図4は、本発明の第2の実施の形態を示す平面図であり、S字状曲がり光導波路403の曲がる方向と同一側である内周面の近傍にもギャップg<sub>2</sub>だけ離して反射溝406を配置している。この場合には、曲がり光導波路402の内周側に放射した光波も、図1に示す実施の形態の場合と同様の原理で導波路に再結合させることができる。なお、図4中、401はクラッド部、402は入出力導波路、405は反射溝で、図1の反射溝105に機能的に対応するものである。また、g<sub>1</sub>は図1のギャップgに機能的に対応するギャップである。

【0019】図5は、本発明の第3の実施の形態を示す平面図であり、S字状曲がり光導波路503の位置を光伝搬方向と直角方向に $\Delta x_1$ 、 $\Delta x_2$ だけ軸ずれさせている。また、曲がり光導波路部503の幅 $w_2$ を入出力導波路部502の幅 $w_1$ よりやや大きく構成して、導波路閉じ込め効果を強めることによって放射損失をさらに低減化している。なお、図5中、501はクラッド部、505は反射溝で、図1の反射溝105に機能的に対応するものである。また、gは図1のギャップgに機能的に対応するギャップである。

【0020】図6(a)は、本発明の第4の実施の形態を示す平面図であり、S字状曲がり光導波路部の代わりに、折れ曲がり直線形状に形成した曲がり光導波路603を用いた場合を示す。本形態では、図6(b)に示すように、反射溝605によって放射光が全反射して曲がり光導波路603に再結合する。ここで、折れ曲がり角 $\theta'$ 、 $\theta''$ は曲がり光導波路603の閉じ込め強度や導

波路材料の屈折率の大きさに応じて設定されているので、これらの導波路構造に合わせて、反射溝605までのギャップ $g$ を適当に設定すれば、再結合する放射光の位相面を、導波光の位相面と一致させることができ、図1に示す実施の形態と同様の原理で、低損失な折れ曲がり光導波路回路が実現できる。ちなみに、従来技術に係る折れ曲がり光導波路は、図6(b)に示すような折れ曲がり部において、入出力導波路602及び曲がり光導波路603の斜め入出力端面における導波光の屈折効果を利用して導波を行うことを意図しているが、実際は導波光の回折現象によってその一部が主に外周部に向けて放射され、再結合させることができない。このため、損失が大きいのとなってしまう。なお、図6中、601はクラッド部、602は入出力導波路、604は入出力光である。

【0021】上述の如き実施の形態では、主に動作波長が $1.55\mu\text{m}$ 帯で、基板に $\text{LiNbO}_3$ を、コア層に $\text{Ti}$ 拡散導波路を用いたS字円弧状の曲がり光導波路の場合について説明したが、これ以外に、例えば導波路材料として、 $\text{LiTaO}_3$ 、や $\text{PLZT}$ 等の強誘電体材料、あるいは半導体材料、ガラス、石英等の無機材料、ポリイミド等の有機材料などあらゆる光導波路材料を用いたデバイスに対しても、光の波長に合わせて本発明に係る技術思想を適用できる。また、曲がり光導波路形状として例えば三角関数状等のあらゆる曲がり形状の光導波路に対しても、反射溝までのギャップ $g$ の大きさを適当に設定すれば上述の実施の形態と同様の効果を得ることができる。また、反射溝の代りに、低屈折率媒体を配置するか、あるいは単層若しくは屈折率が異なる複数の膜を適当な厚さにして配置した高反射膜によって放射光を反射させても同様の原理で上述の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【0022】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の曲がり光\*

\*導波路回路は、導波路の少なくとも外周部に適当な距離を持った位置に反射機能を有する反射溝を形成することによって、小形かつ低損失な光導波路構成が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】基板として $\text{LiNbO}_3$ を用いた本発明の第1の実施の形態に係る曲がり光導波路回路を示す図で、(a)はその平面図、(b)はそのA-A線断面図である。

10 【図2】図1に示す実施の形態に係る曲がり光導波路回路の原理を説明するための説明図である。

【図3】図1に示す本発明の第1の実施の形態に係る曲がり光導波路回路の効果の説明するための特性図であり、波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯の曲がり光導波路について、ビーム伝搬法を用いた計算結果を示すものである。

【図4】本発明の第2の実施の形態を示す平面図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態を示す平面図である。

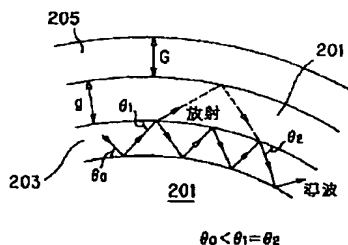
20 【図6】本発明の第4の実施の形態を示す図で、(a)はその平面図、(b)はこれにおける反射の態様を示す説明図である。

【図7】従来技術に係る曲がり光導波路回路を示す平面図である。

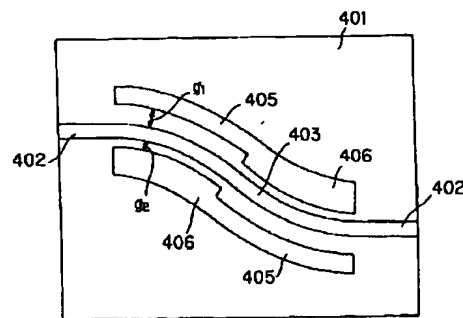
【符号の説明】

101, 201, 401, 501, 601 クラッド部  
102, 402, 502, 602 入出力導波路  
103, 203, 403, 503, 603 曲がり光導波路  
104, 604 入出力光  
105, 205, 405, 406, 505, 605 反射溝

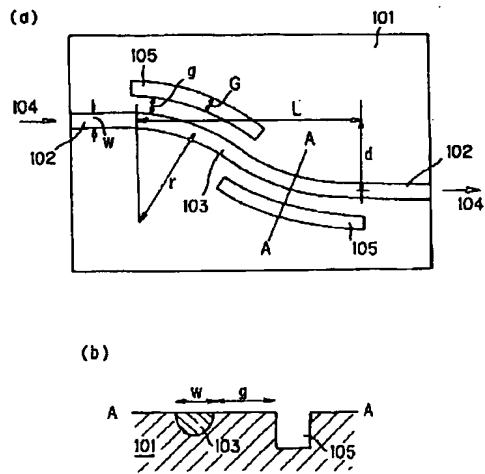
【図2】



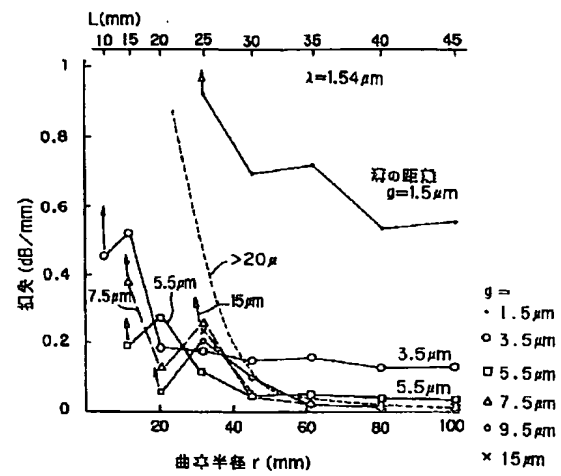
【図4】



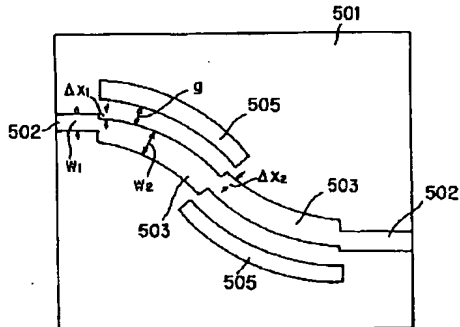
【図1】



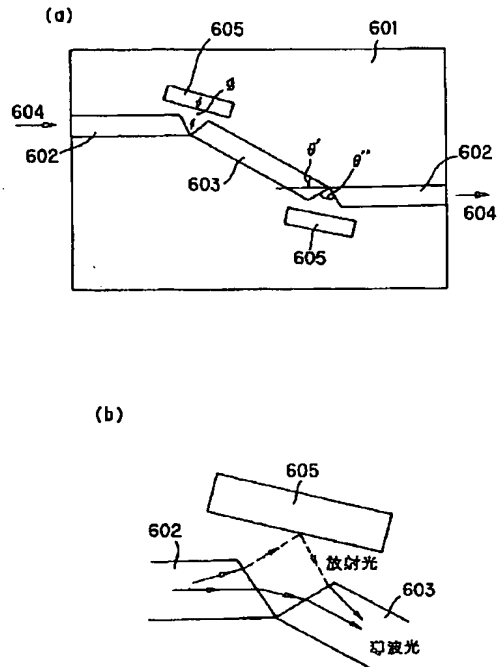
【図3】



【図5】



【図6】



【図7】

